

Н. П. Сюмар

МЕТОДИКА ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПОБУДОВИ ТА АНАЛІЗУ ГЕОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ СОЛЕНОСНИХ ФОРМАЦІЙ ГАЛОТЕКТОКІНЕТИЧНОГО ТИПУ

N. P. Siumar

METHODOLOGY OF GIS USE FOR DEVELOPING AND ANALYSIS OF GEOLOGICAL FEATURES OF HALOTECTOKINETIC TYPE SALIFEROUS FORMATIONS

Узагальнено результати раніше виконаних досліджень з вивчення солених формацій Дніпровсько-Донецької западини та Закарпатського прогину. Проведено апробацію нової методики побудови структурних моделей на масиві геологічного матеріалу і побудовано модель потужності солених формацій галотектокінетичного типу Закарпатського прогину. Проаналізовано отриману модель на ступінь достовірності та виконано верифікацію границі поширення солених формацій.

Ключові слова: галокінез, галотектокінез, солених формація, геоінформаційні технології, солянокупольні структури.

Обобщены результаты ранее выполненных исследований по изучению солених формацій Днепровско-Донецкой впадины и Закарпатского прогиба. Проведена апробация новой методики построения структурных моделей на массиве геологического материала и построена модель мощности солених формацій галотектокінетического типа Закарпатского прогиба. Полученная модель проанализирована на степень достоверности и выполнена верификация границы распространения солених формацій.

Ключевые слова: галокінез, галотектокінез, солених формація, геоінформаційні технології, солянокупольні структури.

There were made the results of previously performed research of Dnieper-Donets basin and the Transcarpathian depression saliferous formations. The new methods of structural modelling of geological material were used and the thickness model of halotectokinetic type saliferous formation was built (Transcarpathian depression). The obtained model was analyzed for the degree of reliability, and verification of the boundary of saliferous formation distribution was made.

Keywords: halokinesis, halotectokinesis, saliferous formation, GIS, salt dome structures.

ВСТУП

Солених формації, які приурочені до нафтогазоносних басейнів, можуть забезпечити достатні умови для формування покладів вуглеводнів. Тому вивчення закономірностей розвитку цих формацій має принципове значення. Крім того, солених відклади є сировиною для отримання багатьох сполук таких, як калій, магній, стронцій, бром, йод та ін., можуть використовуватись у природному стані, а також розглядатися як перспективні для ізоляції відходів, що становлять небезпеку для населення і довкілля та не піддаються переробці. Для більш якісного моделювання геологічних об'єктів та збільшення ефективності пошукових робіт на вуглеводні необхідно розуміння процесів і особливостей соляної тектоніки.

Поняття «галокінез» ввів у 1957 р. німецький геолог Ф. Трусхейм, під яким він розумів переміщення (течію) соляних порід, яке відбувається в результаті вивільнення потенціальної гравітаційної енергії за умов відсутності проявів латеральних та диференційованих тектонічних

сил. Як показали дослідження, утворення солянокупольних структур відбувається внаслідок не тільки гравітаційної інверсії, а також в результаті впливу тектонічних рухів, які створюють диференційоване поле напруг. Для характеристики такого типу структуроутворення використовується термін «галотектокінез» [10].

Значний внесок у дослідження проблеми соляного тектогенезу зробили праці М.Р.А. Jackson, С.Д. Talbot, В.С. Vandeville, Д.Д. Schultz-Ela, Ф. Trusheim та ін. Серед вітчизняних вчених варто відмітити публікації В.І. Кітика, В.К.Гавриша, К.А. Косигіна, Т.А. Ошакпаєва, С.А. Долгих, В.С. Конищева, О.М. Бокуна, В.І. Аврова, Г.Е.-А. Айзенштадта, Б.П. Кабишева, В.К. Гавриша, Л.І. Рябчун, А.І. Недошовенка, С.Б. Шехунової, С.М. Стовби, В.О. Даниленка, Д.Б. Венгровича та ін. [2, 4, 5, 7, 10–12].

Метою даної роботи є аналіз можливості застосування засобів просторового аналізу ГІС (геоінформаційних систем) для побудови моделей потужності солених формацій галотектокінетичного типу.

На сучасному етапі розвитку геологічних досліджень вирішення як наукових, так і практичних задач пов'язане з обробкою великих масивів інформації, що потребує використання різних геоінформаційних програмних засобів. Існують найрізноманітніші комп'ютерні системи та окремі програми, які прийнято відносити до ГІС. Проте лідерами вважаються продукти двох фірм — це система ArcFM американської фірми ESRI і MapInfo корпорації INTERGRAPH, третє-четверте місця поділили між собою Autodesk із системами AutoCAD MAP, World, MAPGuide і GeoGraph (Russia). Крім того, багато компаній створюють свої прикладні ГІС, такі як K-Mine (Україна). Найкраще ж себе зарекомендували при роботі з дрібномасштабними картами геологічного напрямку такі ГІС, як ArcInfo і ArcView GIS (ESRI).

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

На території України соленосні породи галотектокінетичного типу розповсюджені у Дніпровсько-Донецькій западині — франська формація верхнього девону та у Закарпатському прогині — баденська формація середнього міоцену.

Особливості формування галотектокінетичних структур у цих регіонах різні, тому підходи для комплексної комп'ютерної обробки інформації і подальші побудови також відрізняються.

Утворення солянокупольних структур Закарпатського прогину відбувалося після накопичення соляної товщі при поступовому зануренні окремих тектонічних блоків у неогені [2, 4]. При русі соляні породи «перетікали» з вищих блоків на нижчі, утворюючи потужні шари відкладів.

Соляний тектогенез франської формації нижнього девону Дніпровсько-Донецької западини мав циклічний характер. Кожний цикл відбувався в дві фази: довготривалу (опускання території та накопичення в його межах осадів з поступовим ростом солянокупольних структур); короткочасну (регіональний підйом солянокупольних структур) [5, 7, 10]. Соляні формації в першу фазу тільки піднімали надсольові відклади, утворюючи соляні роздуви; в другу — проривали надсольові відклади, формуючи соляні штоки.

На території Дніпровсько-Донецької западини соленосні відклади галотектокінетичного типу розкриті багатьма свердловинами. Проте досліджені вони ще недостатньо, зокрема через те, що буріння проводилося з обмеженим

відбором керна, а різноманітність умов осадоконакопичення, епігенезу та галотектокінезу обумовили мінливість її літологічних характеристик. Свердловини, які відкрили повний розріз соленосної товщі, розташовані лише по бортах депресії, прямі дані про будову цієї формації в інших частинах депресії відсутні. Тому дані параметричних свердловин повинні бути доповнені результатами геофізичних досліджень (дані регіонального сейсмічного профілювання) та раніше виконаними геологічними побудовами. Враховуючи розмір депресії, умови залягання соленосної товщі та складність глибинної будови, а також кількість і якість існуючої фактичної інформації методика застосування ArcView з використанням модулів Spatial Analyst та Geostatistical Analyst для побудови й аналізу соленосної формації галотектокінетичного типу має бути скорегована або необхідно застосувати інший математичний апарат, наприклад програмний комплекс Geomapping, принцип використання та послідовність побудов якого викладено в низці статей [3, 8, 9].

Для з'ясування методики застосування можливостей модулів Spatial Analyst та Geostatistical Analyst в середовищі ArcView при побудові та аналізі соленосної товщі галотектокінетичного типу в якості об'єкта дослідження вибрано Солотвинську западину Закарпатського внутрішнього прогину. В геологічному відношенні Солотвинська западина являє собою частину Закарпатського внутрішнього прогину, простягається уздовж південно-західного схилу Карпатської гірської споруди від Вигорлат-Гутинської гряди і продовжується в південно-східному напрямку на території Румунії. Соленосні відклади пов'язані з тереблянської світою середнього міоцену. За літологічним складом світа поділяється на дві частини: нижню — теригенну і верхню — соленосну.

Нижньотереблянська підсвіта складена темно-сірими і сірими аргілітами з тонкими прошарками алевролітів, пісковиків, іноді туфів і туфітів з пластами гіпсів і ангідритів. Товщина підсвіти коливається від декількох метрів до 360 м.

Верхньотереблянська підсвіта — це в основному сіра та біла кристалічна кам'яна сіль, яка розділена пачкою соленосних глин з прошарками ангідриту потужністю близько 40–110 м. Товщина підсвіти в Солотвинській западині мінлива і змінюється від перших метрів (св. 9, 10-Теребля; 3, 7, 9-Тячів; 12, 27-Тересва;

2, 7-Солотвино; 1-Грушево) до 1000 м і більше метрів (св. 1-Солотвино, 1-Данилово та ін.).

ВИХІДНІ МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Вихідною інформацією для побудови моделі товщини слугували свердловини з повними розрізами соленосної товщі та дані про розробку соляних родовищ в минулі часи. Всього було використано дані 60 свердловин, пробурених в різні роки і різними організаціями, карти з винесеними свердловинами і розривними порушеннями (М. Ф. Удич, В. В. Кузовенко, В. О. Даниленко, К. Я. Гуревич та ін.), а також фондові матеріали про видобуток солі у XVIII–XX ст. (С. М. Кореневський, І. Б. Плешаков, К. Я. Гуревич та ін.) [1 та ін.]. На північному сході Солотвинської западини будь-яка достовірна інформація про розповсюдження соленосних формацій (свердловини, які пробурені на даній території не перевищують декількох сотень метрів) відсутня, тому для замикання соленосного басейну були використані лише дані фондових робіт. Інформація, представлена у картографічному вигляді, цифрувалась і трансформувалась в географічну систему координат.

Методика побудови ґрунтується на створенні узгоджених математичних моделей товщин соленосної формації шляхом сплайн-апроксимації з використанням апріорної інформації про будову товщі і реалізована в ArcView 3.н з використанням модуля Spatial Analyst.

Модель створювалась в ході наступного ітераційного процесу. На першій ітерації будувалась згладжена модель товщини (тренд) з використанням першого наближення контуру поширення формації. На другій ця модель використовувалась в якості аналога за значеннями товщини з накладанням більш жорстких умов на відхилення моделі від значень товщин в свердловинах. На i -й ітерації в якості аналога використовувалась модель, отримана на $(i-1)$ -й ітерації. В ітераційному процесі уточнюється місцеположення контуру поширення. Ітераційний процес закінчується, коли досягнуто порогове значення на максимальне (або середньоквадратичне) відхилення моделі від значень товщин у свердловинах.

При побудові моделі потужності соленосної формації з урахуванням розривних порушень використовувалась апріорна інформація про границю її поширення у вигляді контуру з нульовими значеннями товщини.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В результаті описаних вище побудов отримано моделі потужності (з урахуванням та без урахування розривних порушень) соленосних формацій галотектокінетичного типу Солотвинської западини Закарпатського прогину.

Аналіз моделей потужності формації показав, що ділянки з найбільшими товщинами соленосних відкладів збігаються з площами поширення порід галотектокінетичного типу (солянокупольні структури). На даній території це Солотвинський, Данилівський, Олександрівський та Терелянський штоки, а також Тячівське, Округлянське, Боронявське, Буштинське соляні підняття (рис. 1).

Ступінь достовірності отриманих моделей неоднакова і залежить від кількості та відстані між параметричними свердловинами, які були використані для побудов. На деяких структурах, таких як Топчинська, Глибокопотікська, Грушевська, Вільховська, Буштинська, Апшицька, вихідна інформація обмежувалась лише декількома свердловинами або взагалі була відсутня (рис. 2). Тому отримані результати мають низьку ступінь достовірності. Також, в результаті низької достовірності, на моделі ізоліній товщини соленосної формації об'єдналися в єдине поле навколо Округлянського і Данилівського штоків (рис. 1). Найбільш достовірними ділянками побудов є Солотвинська, Сокирнянська, Стеблівська, Терелянська та Тячівська структури.

Виконано верифікацію моделі границі поширення соленосної формації по 17 свердловинах та за раніше побудованими картами розповсюдження соленосних відкладів [1, 2, 4]. Встановлено високу ступінь достовірності нашої побудованої границі.

ВИСНОВКИ

Таким чином, для побудови та аналізу соленосної формації галотектокінетичного типу необхідно враховувати розмір території, умови залягання соленосної товщі і складність глибинної будови. Ступінь достовірності отриманих результатів залежить від якості вихідних даних і в подальшому може бути змінена у міру внесення додаткової інформації.

В цілому, побудовані моделі відповідають геологічним уявленням про дану територію, а також можуть слугувати апріорною інформацією для наступних робіт. Подальший аналіз отриманих моделей дозволяє встановити числові закономірності в геологічній будові соленосної

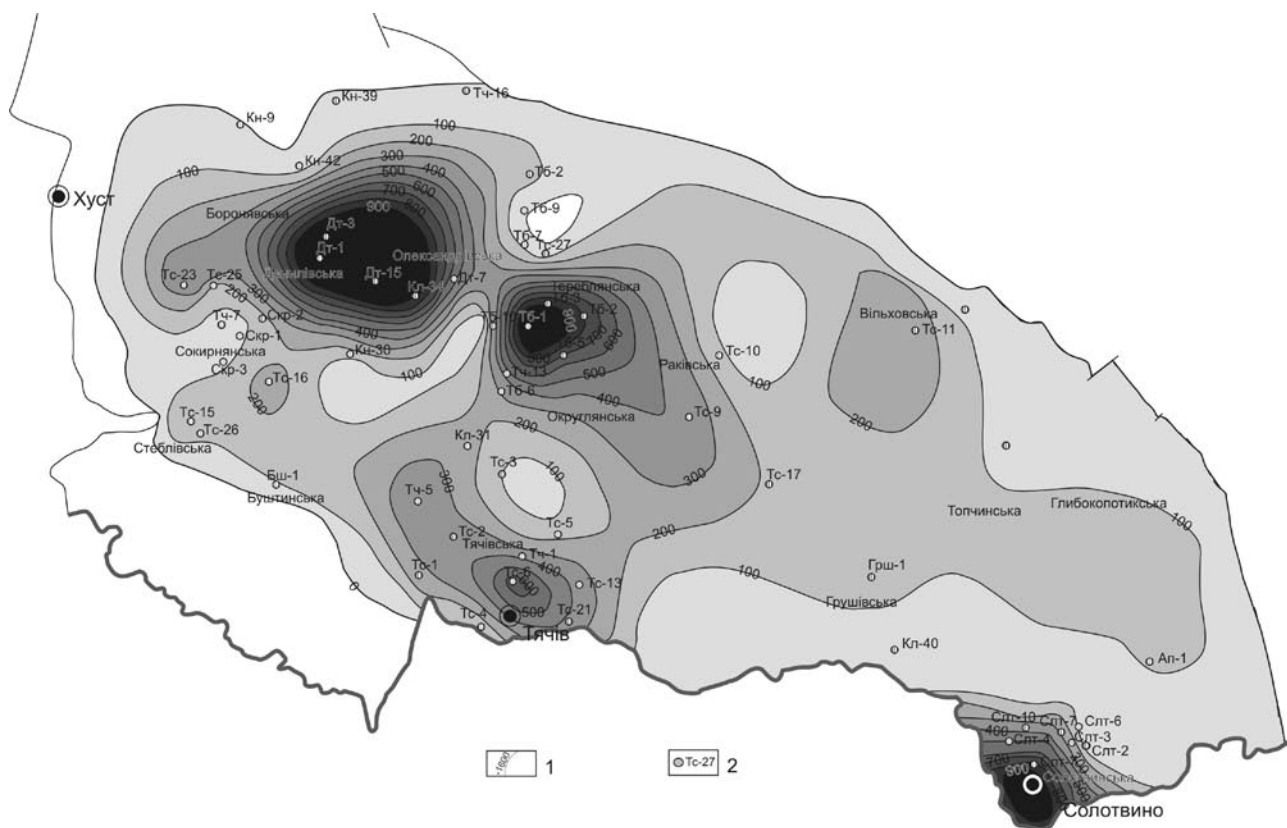


Рис. 1. Модель потужності соленої формації галотектокінетичного типу Закарпатського прогину
1 — ізолінії потужності соленої формації; 2 — свердловини

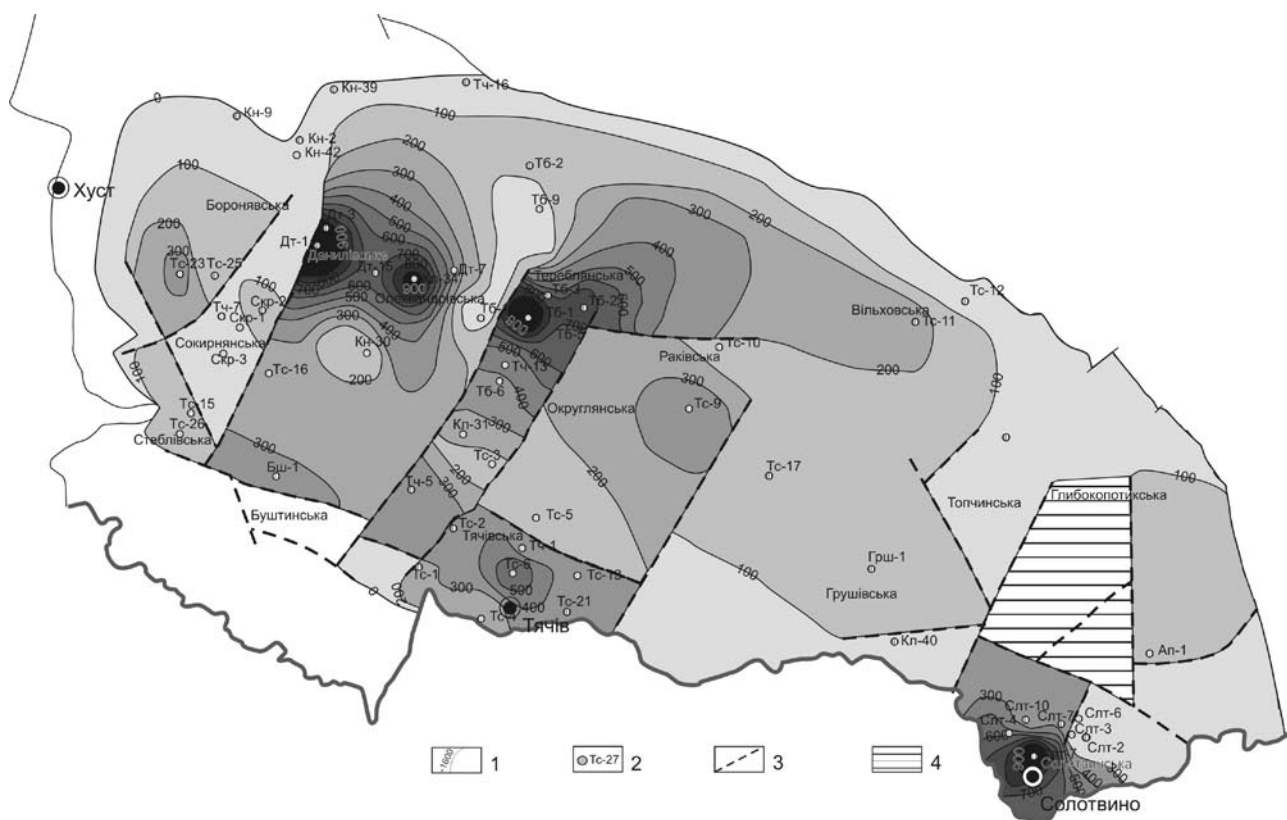


Рис. 2. Модель потужності соленої формації галотектокінетичного типу Закарпатського прогину з урахуванням розривних порушень
1 — ізолінії потужності соленої формації; 2 — свердловини; 3 — розривні порушення; 4 — малоінформативні ділянки

формації у вигляді регресійних зв'язків між параметрами і використати їх для прогнозування досліджуваних властивостей на ділянках відсутності вихідних даних або їх недостатності.

1. Бизин В.Д. Месторождения каменной соли и рассолов Закарпатской области УССР // Тр. — 1962. — №4, — Ч. 1. — С. 112–144.
2. Бокун А. Н. Соляные структуры Солотвинской впадины. — Киев: Наук. думка, 1981. — 136 с.
3. Гребенніков С. С., Лобасов О. П. Моделивання будови осадових басейнів в середовищі ArcView // Мінер. ресурси України. — 2003. — №4. — С. 37–43.
4. Китьк В. И., Бокун А. Н., Панов Г. М. и др. Галогенные формации Украины. — Киев: Наук. думка, 1983. — 168 с.
5. Куриленко В. С., Петрова Е. С., Гусынина Т. В. Галокинез и его влияние на нефтегазоносность Днепровско-Донецкой впадины // Тектоника і стратиграфія. — 2009. — № 36. — С. 40–47.
6. Лопандя А. В., Немтинов В. А. Основы ГИС и цифрового картографирования. — Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. — 74 с.
7. Старостенко В. И., Даниленко В. А., Венгрович Д. Б. и др. Моделирование эволюции осадочных бассейнов с учетом структуры природной среды и процессов са-моорганизации // Физика Земли. — 2001. — №12. — С. 40–51.
8. Шехунова С. Б., Лобасов О. П. Просторовий статистичний аналіз систем тектонічних порушень Дніпровсько-Донецької западини та застосування його результатів // Геологія і геохімія горючих копалин. — 2001. — №1. — С. 73–80.
9. Шехунова С. Б., Лобасов О. П., Сухомлин Н. П. Побудова та аналіз літологічної моделі верхньоюрської соленосної формації Переддобрудзького прогину засобами ГИС // Сучасні напрямки Української геологічної науки: Зб. наук. пр. ІГН НАН України. — К., 2006. — С. 62–71.
10. Шехунова С. Б. Галотектокінез в кам'яній солі франської соленосної формації Дніпровсько-Донецької западини (за літологічними даними) // Тектоніка і стратиграфія. — 2005. — № 34. — С. 67–76.
11. Jenion Malcolm K. Salt Tectonics // Elsevier applied science. — London & New York, 1986. — 191 p.
12. Warren J. K. Evaporites: Sediments, Resources and Hydrocarbons. — Springer, 2006. — 1035 p.

Інститут геологічних наук НАН України, Київ
E-mail: siumar@meta.ua

Рецензент — док. геол. наук С. Б. Шехунова